



项目导向型·立体化规划教材
——十三五——全国土木工程类

JIANZHU
CAILIAO YU
JIANCE

建筑材料与检测

(第2版)

游普元 / 主编

项目导向 贯彻专业学习新理念

教学微课 随时随地自主学习

资源丰富 尊享互联网教学体验



拓展资源



微课



课件



教案



课后答案



哈尔滨工业大学出版社
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS



“十三五”全国土木工程类项目导向型·立体化规划教材

JIANZHU
CAILIAO YU
JIANCE

建筑材料与检测

(第2版)

主 编：游普元

副主编：樊燕红 鲁桂华 王光炎 李 桢

编 者：周曙东 黄 伟 夏 亮 仲 爽 许丽丽

魏一然 李子成 张爱菊 李 静



哈尔滨工业大学出版社
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书基于国家颁布的有关新规范、新标准编写,本着教学中“必需”“够用”的原则,从建筑材料的基本性质出发,主要阐述了砌体材料、混凝土材料、钢材、建筑装饰材料、防水材料等各类建筑材料的检测与应用,突出材料性能的检测试验,特别注重对学生实践动手能力的培养。根据高等院校土建专业的培养目标,基于“工作过程”选取教材内容、教师主导、以训练学生技能为目的,结合目前教学的实际情况编写。编者充分总结了作者的教学与实践经验,依照材料员岗位能力要求,按照工作任务流程设计教学任务,并将材料员岗位资格考试内容融入课程,保证学生在学习专业知识和培养能力的同时,也重视其方法能力和社会能力的培养。

图书在版编目(CIP)数据

建筑材料与检测/游普元主编.—2版.—哈尔滨:
哈尔滨工业大学出版社,2017.6
ISBN 978-7-5603-6625-8

I.①建… II.①游… III.①建筑材料-检测-高等
学校-教材 IV.①TU502

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 111917 号

图书策划 筑米教育

责任编辑 李广鑫

出版发行 哈尔滨工业大学出版社

社 址 哈尔滨市南岗区复华四道街 10 号 邮编 150006

传 真 0451-86414749

网 址 <http://hitpress.hit.edu.cn>

印 刷 天津市蓟县宏图印务有限公司

开 本 850mm×1168mm 1/16 印张 16 字数 484 千字

版 次 2012 年 6 月第 1 版 2017 年 6 月第 2 版 2017 年 6 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5603-6625-8

定 价 40.00 元

(如因印装质量问题影响阅读,我社负责调换)



前言

PREFACE

(第1版)

建筑材料是所有土木工程的建设基础,其材料性能、质量优劣直接影响到建筑工程的质量、安全、经济和耐久性。建筑材料的使用与检测要求对建筑施工企业及施工现场的施工人员、质量员、材料员、试验员等岗位人员非常重要,是必须学习和合理应用的。

掌握建筑材料的使用与检测是建筑工程施工过程中影响建(构)筑物质量、安全非常重要的岗位能力要求。对于材料使用与检测感兴趣的读者,未来可在建筑企业、建筑施工现场、建筑质检部门、材料销售、材料加工及材料生产企业等从事材料性能检测、质量评定、材料质量事故分析等方面的工作。相应的工作任务及职业要求如下:

●材料员岗位。能根据施工组织设计制定材料预算,实施采购,确保工程进度。建筑材料进场顺序和数量应与进度同步。所购材料、构件的质量、规格、型号必须符合设计要求,负责向资料员提供材料质保资料。建立材料管理制度,分类保管,严格进出料管理,建立材料账册。

●施工员岗位。负责施工现场的进场材料取样与检测,如实填写各种材料检测报告;熟悉各种材料规范和取样规定,能够根据材料使用部位不同,选定取样方案、检测项目和判定质量等级;选择材料种类,出现质量及安全事故后,提交材料质检的分析报告。

●试验员岗位。负责正确使用、检测各种仪器设备;按照试验操作规程或规范进行操作,认真填写原始试验数据;遵守安全操作规程,处理试验检测中常见的操作故障。

●质量员岗位。能检查进场工程材料(砖材、水泥、钢材、混凝土、周转材料)质量,查验相关产品合格证、质量证明书、复检报告等。

本书特色

1. 顶层设计,标准可依

与行业、企业密切合作,实施顶层设计,制定了突出岗位能力培养的课程标准,使教有参考、学有依据,教材内容选用了行业新规范、新技术和新工艺。

2. 模块教学,学做一体

本书以职业岗位需求为中心,以学生能力培养、技能实训为本位,将典型工作任务与教材内容有机结合;以模块化实施的形式编写教材内容,通过实境教学导入,树立建筑工程所用材料性能、质量的好坏直接影响建(构)筑物的安全、质量及耐久性的意识。通过学习、实训检测与互动,使读者更容易理解和应用所学内容;教材编写过程中力求“以应用为目的,以必需、够用、实用为度”,突出认真细致、创新意识,强调动手能力,内容翔实,实例丰富,实现所学即所用、所用即所学。

本书内容

本书主要介绍了工程中常见材料的检测与应用,主要包括砌体材料、混凝土材料、钢材、装饰材料、周转材料及新型材料等,让读者拥有各岗位所需的材料检测及使用知识和技能。全书知识结构如下:

【绪论】介绍了课程定位、建筑材料的分类及选用原则、考证介绍、对应岗位、涉及规范、课程内容及目标、发展概况、学习方法等内容。

【模块1 建筑材料与检测基本知识】介绍了材料的基本性质（耐久性、物理性质、力学性质），建筑材料检测及判定的基本知识（常用材料的质量标准、材料检验报告的基本内容、材料基本性能合格的判定方法、建筑材料检测的基本知识）等内容。

【模块2 砌体材料的检测与应用】介绍了各种天然岩石、砌墙砖和砌块、水泥、其他胶凝材料、砂浆等砌体材料的检测与应用等内容。

【模块3 混凝土材料的检测与应用】介绍了混凝土组成材料的检测与应用，混凝土的种类与应用，混凝土的检测和评定，普通混凝土配合比设计、试配和换算，混凝土的质量控制及强度检验，运输、保管和储存混凝土及其组成材料等内容。

【模块4 钢材的检测与应用】介绍了钢材的种类与应用、钢材的性能检测和评定等内容。

【模块5 建筑装饰材料的检测与应用】介绍了木材、绝热及吸声材料、墙面涂料、装饰板材、建筑玻璃、装饰面砖、人造石材的检测与应用等内容。

【模块6 其他材料的检测与应用】介绍了周转材料、新型建筑材料、防水材料、建筑塑料和胶黏剂的检测与应用等内容。

本书是集体智慧的结晶，由重庆工程职业技术学院游普元统稿、定稿并担任主编，参与本教材编写的老师还有邯郸职业技术学院魏一然、李静，四川水利职业技术学院李桢，石家庄铁路职业技术学院李子成、张爱菊，池州职业技术学院夏亮，淮南联合大学黄伟，枣庄科技职业学院王光炎，齐齐哈尔工程学院仲爽，长治职业技术学院许丽丽等。

本书适用于高职高专院校建筑工程技术、工程造价、工程项目管理、给排水、物业管理等专业的教学用书，也可供其他类型学校（如职工大学、函授大学、电视大学等）相关专业选用，以及有关的工程技术人员参考。

整体课时分配及相应编写人员如下：

章节	内 容	建议课时	授课类型	编写人员
模块0	绪论	2 课时	讲授、实训	游普元
模块1	建筑材料与检测基本知识	6 课时	讲授、实训	1. 1 魏一然 1. 2 李静
模块2	砌体材料的检测与应用	24（8）课时	讲授、实训	2. 1~2. 3 李子成 2. 4~2. 5 张爱菊
模块3	混凝土材料的检测与应用	18（5）课时	讲授、实训	3. 1 李桢 3. 2~3. 3 夏亮 3. 4~3. 6 黄伟
模块4	钢材的检测与应用	12（2）课时	讲授、实训	王光炎
模块5	建筑装饰材料的检测与应用	12（2）课时	讲授、实训	5. 1~5. 3 仲爽 5. 4~5. 7 许丽丽
模块6	其他材料的检测与应用	6（1）课时	讲授、实训	6. 1、6. 2、6. 4 游普元 6. 3 仲爽

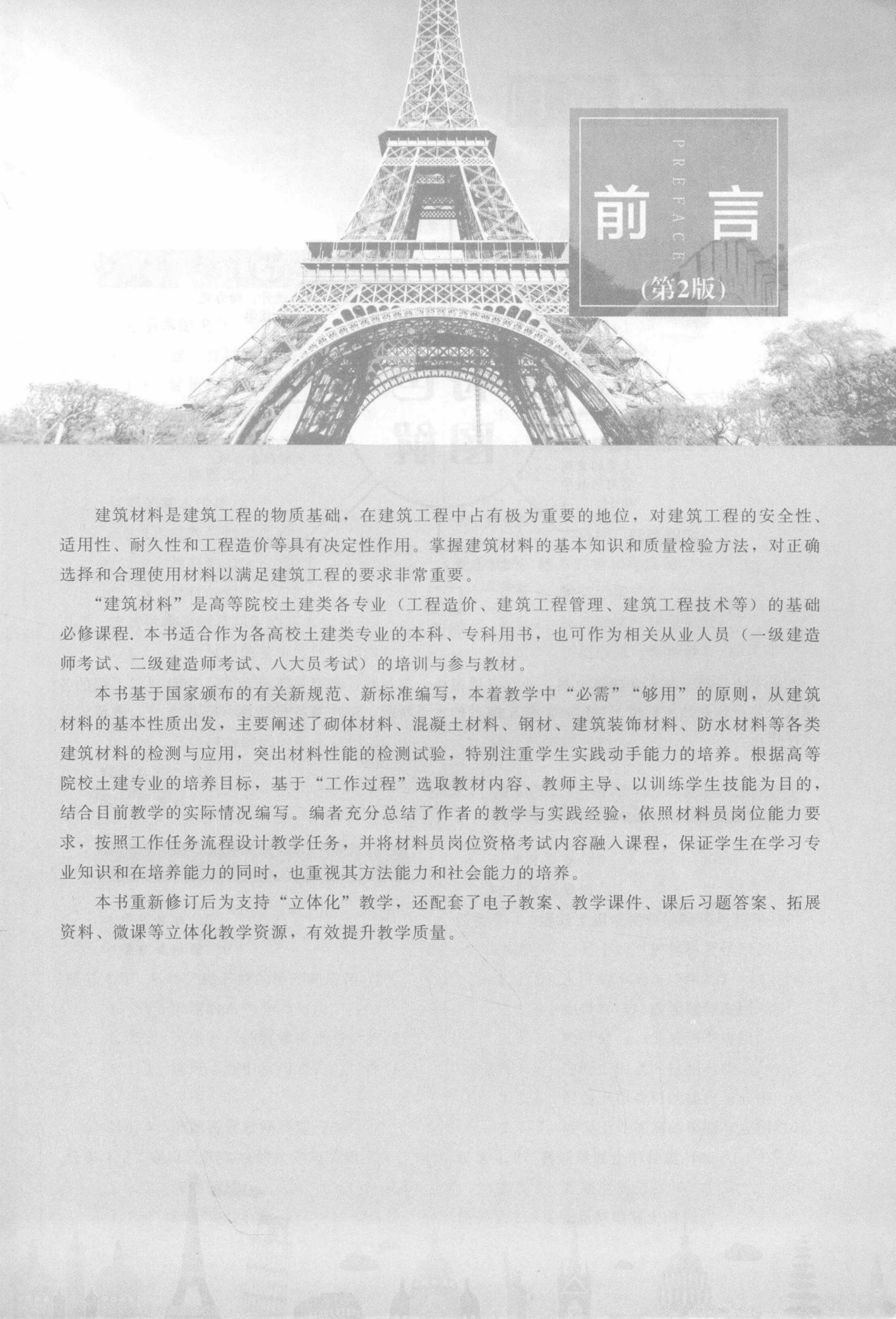
全书的配套 PPT 制作由重庆工程职业技术学院的刘燕老师完成，游普元负责审核。

本书在“知识目标”描述中所涉及的程度用语主要有熟练、正确、基本。“熟练”指能在规定的较短时间内无错误地完成任务，“正确”指在规定的时间内无错误地完成任务，“基本”指在没有时间要求的情况下，不经过旁人提示，能无错误地完成任务。

本书在编写过程中，参考了大量的图书资料，在此对相关资料的作者表示衷心的感谢。

由于是第一次系统化地基于工作过程，选择材料类别为载体，采用模块格式编写该教材，难度较大，加之编者水平有限，疏漏在所难免，恳请专家和广大读者不吝赐教，以便我们在今后的工作中改进和完善。

编 者



前言

PREFACE

(第2版)

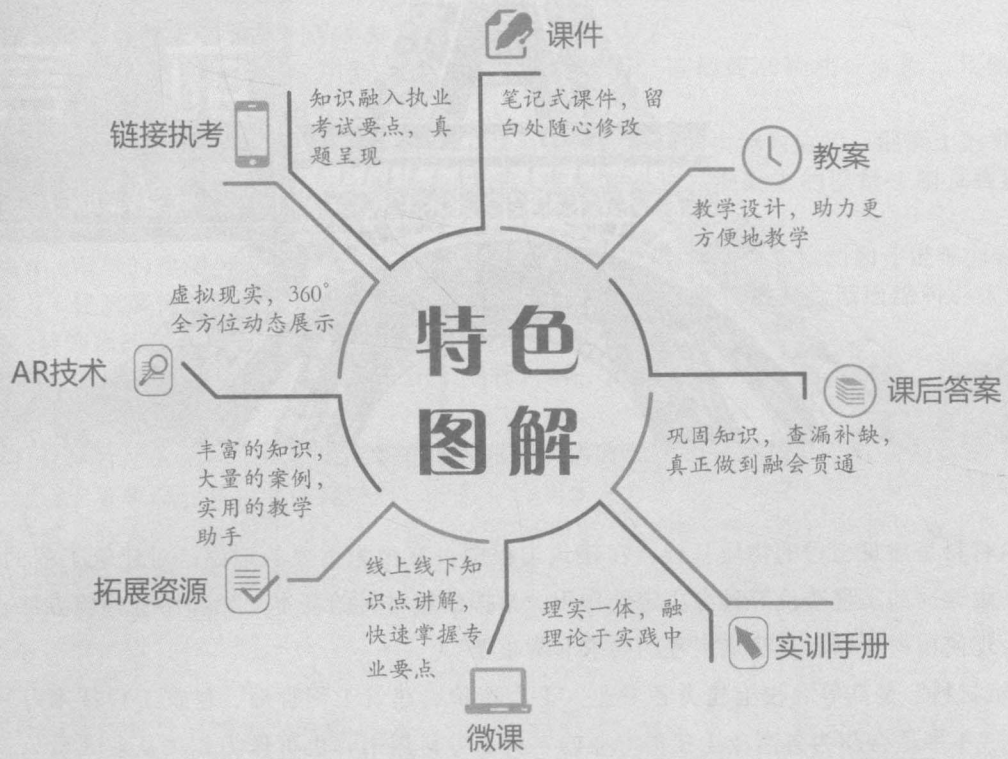
建筑材料是建筑工程的物质基础，在建筑工程中占有极为重要的地位，对建筑工程的安全性、适用性、耐久性和工程造价等具有决定性作用。掌握建筑材料的基本知识和质量检验方法，对正确选择和合理使用材料以满足建筑工程的要求非常重要。

“建筑材料”是高等院校土建类各专业（工程造价、建筑工程管理、建筑工程技术等）的基础必修课程。本书适合作为各高校土建类专业的本科、专科用书，也可作为相关从业人员（一级建造师考试、二级建造师考试、八大员考试）的培训与参与教材。

本书基于国家颁布的有关新规范、新标准编写，本着教学中“必需”“够用”的原则，从建筑材料的基本性质出发，主要阐述了砌体材料、混凝土材料、钢材、建筑装饰材料、防水材料等各类建筑材料的检测与应用，突出材料性能的检测试验，特别注重学生实践动手能力的培养。根据高等院校土建专业的培养目标，基于“工作过程”选取教材内容、教师主导、以训练学生技能为目的，结合目前教学的实际情况编写。编者充分总结了作者的教学与实践经验，依照材料员岗位能力要求，按照工作任务流程设计教学任务，并将材料员岗位资格考试内容融入课程，保证学生在学习专业知识和在培养能力的同时，也重视其方法能力和社会能力的培养。

本书重新修订后为支持“立体化”教学，还配套了电子教案、教学课件、课后习题答案、拓展资料、微课等立体化教学资源，有效提升教学质量。

本套丛书特色



由于建筑科学技术和建筑材料工业化发展很快, 新材料、新品种不断面世, 而且建筑工程的各
领域、各行业的技术标准不尽统一, 加上编者的水平所限, 书中存在的疏漏和不足之处, 敬请读者
批评指正。

编 者

课程导引

- 0.1 课程基本知识/1
 - 0.1.1 建筑材料的概念/1
 - 0.1.2 建筑材料的分类及选用原则/1
 - 0.1.3 建筑材料的检测与技术标准/2
 - 0.1.4 课程内容及目标/3
 - 0.1.5 发展概况/4
- 0.2 材料的基本性质/4
 - 0.2.1 材料的物理性质/4
 - 0.2.2 材料的力学性质/11
 - 0.2.3 材料的耐久性/13
- 0.3 建筑材料检测及判定的基本知识/14
 - 0.3.1 常用材料的基本性质指标/14
 - 0.3.2 材料检验报告的基本内容/15
 - 0.3.3 材料基本性能合格的判定方法/16
 - 0.3.4 建筑材料检测的基本知识/16

✱基础考核/17

✱技能实训/18

项目1 砌体材料的检测与应用

☞学习目标/19

☞项目流程图/19

- 任务1.1 各种天然石材的检测与应用/20
 - 1.1.1 天然岩石的分类与加工/20
 - 1.1.2 天然石材的技术性质与检测/22
 - 1.1.3 建筑工程中常用岩石的特性与应用/25
 - 1.1.4 饰面石材取样规定/26
- 任务1.2 砌墙砖和砌块的检测与应用/27
 - 1.2.1 砌墙砖/27
 - 1.2.2 砌块/34

- 1.2.3 砌墙砖和砌块的取样规定/36

任务1.3 水泥的检测与应用/37

- 1.3.1 水泥的生产与分类/37
- 1.3.2 通用水泥/38
- 1.3.3 专用水泥/49
- 1.3.4 特性水泥/50
- 1.3.5 水泥的抽样、检测与应用/52

任务1.4 其他胶凝材料的检测与应用/65

- 1.4.1 石灰/65
- 1.4.2 石膏/68
- 1.4.3 水玻璃/70

任务1.5 砂浆的检测与应用/71

- 1.5.1 砌筑砂浆/72
- 1.5.2 抹面砂浆与防水砂浆/77
- 1.5.3 新型砂浆与特种砂浆/79
- 1.5.4 砂浆试样的制备、测试与应用/80

✱基础考核/82

✱技能实训/83

项目2 混凝土材料的检测与应用

☞学习目标/85

☞项目流程图/85

任务2.1 混凝土组成材料的检测与应用/86

- 2.1.1 混凝土的组成材料及作用/86
- 2.1.2 水泥的检测与应用/87
- 2.1.3 细骨料(砂)的检测与应用/88
- 2.1.4 粗骨料(石)的检测与应用/95
- 2.1.5 混凝土用水的检测与应用/99
- 2.1.6 混凝土掺合料的检测与应用/100
- 2.1.7 混凝土外加剂的检测与应用/101

任务2.2 普通混凝土的种类/105

- 2.2.1 普通混凝土/105

任务2.3 其他品种混凝土/115

- 2.3.1 高强混凝土/115
- 2.3.2 高性能混凝土/117
- 2.3.3 轻混凝土/117
- 2.3.4 防水混凝土(抗渗混凝土)/118
- 2.3.5 大体积混凝土/120
- 2.3.6 泵送混凝土/120
- 2.3.7 防辐射混凝土/121
- 2.3.8 智能混凝土/121
- 2.3.9 透水混凝土/122

任务 2.4 混凝土的检测和评定/123

- 2.4.1 混凝土拌合物的取样方法和试件制作/123
- 2.4.2 普通混凝土拌合物和易性测试/124
- 2.4.3 普通混凝土抗压强度测试/127
- 2.4.4 混凝土的非破损测试/128

任务 2.5 普通混凝土配合比设计、试配和换算 /130

- 2.5.1 混凝土配合比设计的基本要求和3个主要参数/130
- 2.5.2 混凝土配合比设计的方法和步骤/131

任务 2.6 混凝土的质量控制及强度检验/137

- 2.6.1 混凝土的质量控制/137
- 2.6.2 混凝土强度的检验/137
- 2.6.3 混凝土强度的合格评定/138

任务 2.7 运输、保管和储存混凝土及其组成材料/141

- 2.7.1 混凝土各种组成材料的贮存、保管和运输/141
- 2.7.2 混凝土的贮存、保管和运输/141

✱基础考核/141

✱技能实训/143

项目 3 钢材的检测与应用

📖学习目标/145

📖项目流程图/145

任务 3.1 钢材的种类与应用/146

- 3.1.1 钢材的冶炼和分类/146

- 3.1.2 钢材的性质/147
- 3.1.3 钢材的化学成分及其对性质的影响/150
- 3.1.4 钢材的冷加工及热处理/152
- 3.1.5 常用建筑钢材的技术标准与应用/155
- 3.1.6 钢材的锈蚀与防止措施/173

任务 3.2 钢材的性能检测和评定/175

- 3.2.1 一般规定/175
- 3.2.2 拉伸试验/177
- 3.2.3 冷弯试验/180
- 3.2.4 结果判定及处理/182

✱基础考核/182

✱技能实训/183

项目 4 建筑装饰材料的检测与应用

📖学习目标/184

📖项目流程图/184

任务 4.1 木材的检测与应用/185

- 4.1.1 木材的分类、构造和性质/185
- 4.1.2 木材的规格和等级标准/191
- 4.1.3 木材的应用/192
- 4.1.4 木材的防腐与防火/193

任务 4.2 绝热、吸声材料的检测与应用/196

- 4.2.1 绝热材料的检测与应用/196
- 4.2.2 吸声材料的检测与应用/198

任务 4.3 建筑玻璃的检测与应用/200

- 4.3.1 玻璃的基本知识/200
- 4.3.2 常用的玻璃/201
- 4.3.3 常用玻璃制品的应用/205

任务 4.4 装饰面砖的检测与应用/206

- 4.4.1 陶瓷的基本知识/206
- 4.4.2 釉面砖的检测与应用/206
- 4.4.3 墙地砖的检测与应用/208
- 4.4.4 陶瓷锦砖的检测与应用/210

✱基础考核/210

✱技能实训/212

项目5 防水材料检测与应用

学习目标/213

项目流程图/213

任务5.1 防水材料的检测与应用/214

5.1.1 石油沥青的检测与应用/214

5.1.2 煤沥青的检测与应用/220

5.1.3 改性沥青和合成高分子防水材料的检测与应用/220

5.1.4 建筑防水制品的检测与应用/221

任务5.2 建筑塑料和胶黏剂的检测与应用/228

5.2.1 建筑塑料的检测与应用/228

5.2.2 胶黏剂的检测与应用/230

✳基础考核/231

✳技能实训/232

附录

附录I 材料检测报告样表/233

附录II 材料原始记录单样表/237

附录III 常用建筑材料相关标准/243

参考文献/245



资源索引

课程导入



0.1 课程基本知识



微课：《建筑材料与检测》
课程导入

0.1.1 建筑材料的概念

广义的建筑材料是指在建筑工程中使用的全部材料。包括建筑物必须安装的给水排水、采暖通风空调、供电、供燃气、通信信息及楼宇控制等配套设施的设备和器材，以及在施工中必须要消耗的如脚手架、模板等材料。

狭义的建筑材料是指建造建筑物地基、基础、梁、板、柱、墙体、屋面、地面，以及装饰工程等所用的材料。

0.1.2 建筑材料的分类及选用原则

1. 建筑材料的分类

不同的分类原则会有不同的分类结果。建筑材料根据材料来源不同，可分为天然材料及人造材料；根据使用部位不同，可分为承重材料、屋面材料、墙体材料和地面材料等；根据建筑功能不同，可分为结构材料、装饰材料和某些专用材料等。

目前，常用的分类方法有两种：一种是根据组成物质的种类及化学成分分类，见表 0.1。

表 0.1 建筑材料的分类(根据组成物质的种类及化学成分分类)

分 类		实 例
无机材料	非金属材料	天然石材(砂、石、各种岩石加工的石材等)
		烧土制品(黏土砖、瓦、空心砖、锦砖、瓷器等)
		胶凝材料(石灰、石膏、水玻璃、水泥等)
		玻璃及熔融制品(玻璃、玻璃棉、岩棉、铸石等)
		混凝土及硅酸盐制品(普通混凝土、砂浆及硅酸盐制品等)
	金属材料	黑色金属(钢、铁、不锈钢等)
		有色金属(铝、铜等及其合金)
有机材料	植物材料	木材、竹材、植物纤维及其制品
	沥青材料	石油沥青、煤沥青、沥青制品
	合成高分子材料	塑料、涂料、胶黏剂、合成橡胶等
复合材料	金属材料与非金属材料复合	钢筋混凝土、预应力混凝土、钢纤维混凝土等
	非金属材料与有机材料复合	玻璃纤维增强塑料、聚合物混凝土、沥青混合料、水泥刨花板等
	金属材料与有机材料复合	轻质金属夹心板



2. 建筑材料的选用原则

①材料质量符合产品标准,技术指标满足工程设计要求。

②材料易得,运储及施工方便,费用较低。

③尽可能发挥材料的建筑功能,推陈出新,不断创造出舒适的室内外环境和能够体现时代特色,最大限度地满足人们生活情趣与审美要求的新型建筑材料。

④物尽其用、节约材料、降低建筑能耗,减少污染,实现可持续发展的战略目标。

另一种按照使用功能不同,可以将建筑材料分为结构材料、围护材料和功能材料三大类。

①结构材料。结构材料是指构成建筑物受力构件和结构所用的材料,如梁、板、柱、基础、框架等构件或结构使用的材料。结构材料要求具有足够的强度和耐久性。

②围护材料。围护材料是指用于建筑物围护结构的材料,如墙体、门窗、屋面等部位使用的材料。围护材料不仅要求具有一定的强度和耐久性,还要求具有保温隔热等性能。

③功能材料。功能材料是指担负建筑物使用过程中所必需的建筑材料的功能,如防水材料、绝热材料、吸声隔音材料、密封材料和各种装饰材料等。

课堂讨论:

1. 用卡片法书写建筑工程或所在教学楼中常见的建筑材料并进行归类。

2. 思考为什么采用这样的原则来选用建筑材料。

0.1.3 建筑材料的检测与技术标准

目前,我国绝大多数建筑材料都有相应的技术标准,建筑材料的技术标准是产品质量的技术依据。为了保证材料的质量、现代化生产和科学管理,必须对材料产品的技术要求制定统一的执行标准。其内容包括产品规格、分类、技术要求、检验方法、验收规则、标志和储存注意事项等。

1. 我国的技术标准

我国的技术标准划分为国家标准、行业标准、地方标准和企业标准4个级别。

(1) 国家标准。

国家标准分为国家强制性标准(代号 GB)、国家推荐性标准(代号 GB/T)。强制性标准是在全国范围内必须执行的技术指导文件,产品的技术指标都不得低于标准中规定的要求。推荐性标准在执行时也可采用其他相关标准的规定。国家建筑工程标准(代号 GBJ)是涉及建筑行业相关技术内容的国家标准。如《通用硅酸盐水泥》(GB 175—2007)、《水泥水化热测定方法》(GB/T 12959—2008)。

(2) 行业标准。

行业标准也是全国性的指导文件,它是各行业为了规范本行业的产品质量而制定的技术标准。包括建筑工程行业标准(代号 JGJ)、建筑材料行业标准(代号 JC)、冶金工业行业标准(代号 YB)、交通行业标准(代号 JT)等。如《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》(JGJ 52—2006)、《建筑生石灰》(JC/T 479—2013)。

(3) 地方标准。

地方标准分为地方强制性标准(代号 DB)和地方推荐性标准(代号 DB/T),以适应不同需要。如重庆市地方规范《智能建筑工程验收规程》(DB50/T 5026—2002)、《重庆市住宅小区智能化系统工程设计规范》(DBJ/T 50—035—2004)。

(4) 企业标准。

企业标准指适用于本企业,由企业制定的技术文件(代号 QB)。企业标准所定的技术要求应不低于类似(或相关)产品的国家标准。如《轻质复合保温墙板》(QB 640000/3757—2010)。

建筑材料与检测中常用的技术标准见书后附录Ⅲ。

我国建筑材料标准的表示方法由 4 部分组成,即标准名称、部门代号、标准编号和批准年份,示例如下。

《通用硅酸盐水泥》(GB 175—2007)

标准名称 + 部门代号 + 标准编号 + 批准年份

再如,国家标准(强制性)——《钢筋混凝土用钢 第 2 部分:热轧带肋钢筋》(GB 1499.2—2007)。

国家标准(推荐性)——《低碳钢热轧圆盘条》(GB/T 701—2008)。

建设行业标准——《普通混凝土配合比设计规程》(JGJ 55—2011)。

福建省工程建设地方标准——《预拌砂浆生产与应用技术规程》(DBJ 13—00—2006)。

2. 国际标准

工程中有时还涉及一些国外标准,这些标准中包括国际上一些有影响的团体标准和公司标准,如美国材料与试验协会 ASTM 标准。还有一些工业先进国家的国家标准或区域性标准,如德国工业 DIN 标准、英国的 BS 标准、日本的 JIS 标准,以及一些其他国际标准,如国际标准化组织制定发布的 ISO 系列国际化标准。



技术提示

国际标准化组织: ISO (International Standard Organization)

美国国家标准: ANS (American National Standard)

美国材料与试验学会标准: ASTM (American Society for Testing and Materials)

英国标准: BS (British Standard)

欧盟共国标准: EN (European Norm)

日本工业标准: JIS (Japanese Industrial Standards)

0.1.4 课程内容及目标

1. 课程内容

本课程以材料种类为载体,设计了 5 个项目,每个项目均以“材料的性质及质量标准、材料的检测、材料的应用”等任务引领组织教学,培养学生利用相应的技术标准和规范,对材料进行正确检测和合理应用的能力。为顺利完成“熟悉建筑工程材料和周转材料标准与应用”这一典型工作任务奠定基础。

“材料的性质及质量标准”部分主要介绍材料的各种性质和质量标准。

“材料的检测”部分主要介绍材料的取样方法、性能测试,培养学生进行材料取样及检验的技能。

“材料的应用”部分主要介绍材料的合理应用,培养学生合理应用各种材料的能力。

2. 课程目标

能够熟知水泥、混凝土、钢材等性能、规格、用途。

能正确地存储、转运、应用材料。

能正确利用相应的技术标准和规范,对材料进行取样、检测和应用。

培养绿色材料、环保材料和材料可持续发展意识,能跟随新材料的发展步伐。

能正确检测和应用周转材料。

具有较好的坚持原则、团队协作精神,养成用数据说话的习惯和诚实守信的优秀品质。

能够利用建筑材料基本知识分析和解决材料应用中的实际问题。

教学建议：此时可选择播放水泥、石子、砂、钢材等材料的存储、取样及应用的视频片段。

0.1.5 发展概况

建筑材料是随着社会生产力的发展而发展的，其发展历程可分为3个阶段：天然材料→人工材料→复合材料。

人类最早穴居巢处，随着社会生产力的发展，逐渐进入能制造简单工具的石器、铁器时代，开始挖土、凿石为洞，伐木搭竹为棚，利用天然材料建造非常简陋的房屋。到人类能够用黏土烧制砖、瓦，用岩石烧制石灰、石膏之后，建筑材料才由天然材料进入了人工生产阶段，为较大规模建造房屋创造了基本条件。到18世纪中叶，建筑钢材、水泥、混凝土相继出现，19世纪钢筋混凝土问世且成为主要结构材料，为现代建筑奠定了基础。进入20世纪后，由于社会生产力突飞猛进地发展以及材料科学与工程学的形成和深入研究，建筑材料不仅性能和质量不断改善，而且品种不断增加，如预应力混凝土、高分子材料、复合材料等，以有机材料为主的化学建材异军突起，一些具有特殊功能的新型建筑材料，如绝热材料、吸声隔声材料、装饰材料、耐热防火材料、防水抗渗材料以及防爆、防辐射材料等应运而生。

为适应建筑工业化、提高工程质量和降低成本的要求，21世纪的建材将朝以下趋势发展。

①发展轻质、高强材料，以减少结构尺寸，减轻结构自重，满足更大跨度、更高高度建筑的要求。

②发展节能材料，以降低生产与使用中的能耗，减轻大气污染。

③发展新的功能材料和多功能材料，以满足建筑功能上的更高要求。

④发展适合机械化施工的材料与构件，加快施工进度。

⑤发展工业废料建材，以改善环境，变废为宝。

⑥发展绿色环保建材，使用户用得放心。

课堂思考：

建筑材料的发展过程及今后的发展方向。



0.2 材料的基本性质

0.2.1 材料的物理性质

1. 材料与质量有关的物理性质

在宏观和亚微观层次上，天然材料以及人造材料都含有一定数量和一定大小的孔隙，因此孔隙是材料的组成部分之一，仅少数致密材料(如玻璃、金属)可近似看成是绝对密实的。

按不同的分类标准，孔隙可以有不同的分类。

(1)孔隙按内部孔隙的大小可分为微细孔、毛细孔、较粗大孔和粗大孔等。无机非金属材料中，孔径小于20 mm的微细孔，水或有害气体难以侵入，可视为无害孔隙。

(2)按孔隙的形状可分为球状孔隙、片状孔隙、管状孔隙、墨水平状孔隙、尖角孔隙等。按常压下水能否进入，可分为闭口孔隙和开口孔隙(连通孔隙)。闭口孔隙常压下水不能进入，但当水压高于孔壁阻力时，水也会进入其中。球状孔隙是闭口孔隙，其他形状的孔隙为开口孔隙。开口孔隙对材料性质的影响较大，可使材料的大多数性质降低。

同一种材料其孔隙率越高,密实度越低,则材料的表观密度、体积密度、堆积密度越小;强度、弹性模量越低;耐磨性、耐水性、抗渗性、抗冻性、耐腐蚀性及其他耐久性越差;而吸水性、吸湿性、保温性、吸声性越强。

(1) 3种密度。

在建筑工程中,计算材料的自重、构件的自重、配料以及确定堆放空间时,经常要用到材料的密度、表观密度和堆积密度等参数。所以,作为工程技术人员,掌握3种密度含义及其相关计算是必不可少的。

①密度。密度是指材料在绝对密实状态下单位体积的质量。用下式表示:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (0.1)$$

式中 ρ ——材料的密度, g/cm^3 或 kg/m^3 ;

m ——材料在干燥状态下的质量, g 或 kg ;

V ——材料在绝对密实状态下的体积, cm^3 或 m^3 。

材料在绝对密实状态下的体积是指不包括材料内部孔隙在内的固体物质的体积。不同材料可采用不同的方法测试其密度,如钢材、玻璃、铸铁等接近于绝对密实的材料,可用排液法;含有一定孔隙的材料,可把材料磨成细粉,然后用排液法;粉末状材料,可直接用排液法。在测量某些较致密且不规则的散粒状材料(如砂、石等)密度时,可直接用排水法测其绝对体积的近似值,这时所测得的密度是近似密度。

②表观密度。表观密度是指材料在自然状态下单位体积的质量。用下式表示:

$$\rho_0 = \frac{m}{V_0} \quad (0.2)$$

式中 ρ_0 ——材料的表观密度, g/cm^3 或 kg/m^3 ;

m ——材料的质量, g 或 kg ;

V_0 ——材料在自然状态下的体积(或称表观体积), cm^3 或 m^3 。

材料在自然状态下的体积,包含材料内部孔隙(开口孔隙和封闭孔隙)在内,可直接用排液法求得(按材料的外形计算或蜡封材料表面用排液法测体积)。材料的表观密度与材料的含水状态有关,因此,在提供材料表观密度的同时,应提供材料的含水率。若无特别说明,常指气干状态下的表观密度。

③堆积密度。堆积密度是指散粒材料(粉状、粒状或纤维状)在堆积状态下单位体积的质量。用下式表示:

$$\rho_0' = \frac{m}{V_0'} \quad (0.3)$$

式中 ρ_0' ——散粒材料的堆积密度, g/cm^3 或 kg/m^3 ;

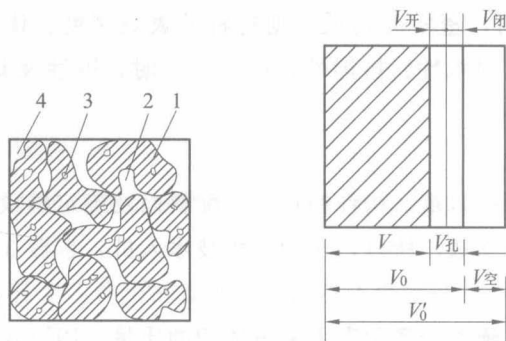
V_0' ——散粒材料的松散体积, cm^3 或 m^3 ;

m ——材料的质量, g 或 kg 。

散粒材料在自然状态下的体积包括固体颗粒体积、颗粒内部孔隙体积和颗粒之间的空隙体积,如图 0.1 所示。测定散粒材料的堆积密度时,材料的质量是指填充在容器(容积一定)内的材料的质量,其堆积体积是指所用容器的容积。

课堂讨论:

可对石材、石膏、混凝土、木材、沥青等材料进行比较。



1—固体物质；2—开口孔隙；3—闭口孔隙；4—颗粒间隙

图 0.1 材料孔(空)隙及体积示意

(2)材料的密实度与孔隙率。

①密实度。密实度是指材料体积内被固体物质所充实的程度，即材料密实体积与总体积之比。密实度反映了材料的致密程度，常以 D 表示。

$$D = \frac{V}{V_0} \times 100\% \quad (0.4)$$

或
$$D = \frac{\rho_0}{\rho} \times 100\% \quad (0.5)$$

对于绝对密实材料，密实度 $D=1$ 或 100% ，对于大多数建筑材料，内部都含有孔隙，所以其密实度均小于 1。材料的很多性能(如强度、吸水性、耐久性、导热性等)均与其密实度有关。

②孔隙率。孔隙率是指材料内部孔隙体积($V_{\text{孔}}$ ，开口孔和封闭孔体积)占材料总体积(V_0)的百分率，用 P 表示。

$$P = \frac{V_{\text{孔}}}{V_0} \times 100\% \quad (0.6)$$

又因 $V_{\text{孔}} = V_0 - V$ ，所以 P 值可用下式计算：

$$\begin{aligned} P &= \frac{V_0 - V}{V_0} \times 100\% = \left(1 - \frac{V}{V_0}\right) \times 100\% \\ &= \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho}\right) \times 100\% = 1 - D \end{aligned} \quad (0.7)$$

通过上式，也可得出密实度与孔隙率的关系为

$$P + D = 1 \quad (0.8)$$

上式同时表明，材料的总体积是由材料绝对密实体积和孔隙体积构成的，材料的孔隙率是反映材料孔隙状态的重要指标，与材料的各项物理、力学性能有密切的关系。

(3)材料的填充率与空隙率。

①填充率。填充率是指散粒材料在某容器的堆积体积中，被其颗粒填充的程度，用 D' 表示。

$$D' = \frac{V_0}{V'_0} \times 100\% = \frac{\rho'_0}{\rho_0} \times 100\% \quad (0.9) \quad \text{资料：国际标准化组织}$$

②空隙率。空隙率是指散粒材料在某容器的堆积体积中，颗粒之间的空隙体积(V_a)占堆积体积的百分率，用 P' 表示。因 $V_a = V'_0 - V_0$ ，则 P' 值可用下式计算：

$$\begin{aligned} P' &= \frac{V'_0 - V_0}{V'_0} \times 100\% = \left(1 - \frac{V_0}{V'_0}\right) \times 100\% \\ &= \left(1 - \frac{\rho'_0}{\rho_0}\right) \times 100\% = 1 - D' \end{aligned} \quad (0.10)$$



即

$$D' + P' = 1 \quad (0.11)$$

空隙率表示散粒材料颗粒之间相互填充的致密程度。对于混凝土的粗、细骨料，空隙率越小，颗粒大小级配越合理，配置的混凝土越密实，越节约水泥，强度也越高。

【例 0.1】 某工地所用卵石材料的密度为 2.65 g/cm^3 、表观密度为 2.61 g/cm^3 、堆积密度为 1680 kg/m^3 ，计算此石子的孔隙率与空隙率。

【解】

石子的孔隙率 P 为

$$P = \frac{V_0 - V}{V_0} \times 100\% = 1 - \frac{\rho_0}{\rho} = 1 - \frac{2.61}{2.65} = 1.51\%$$

石子的空隙率 P' 为

$$P' = \frac{V' - V_0}{V'} \times 100\% = 1 - \frac{V_0}{V'} = 1 - \frac{\rho_0}{\rho'} = 1 - \frac{1.68}{2.61} = 35.63\%$$

【评注】 材料的孔隙率是指材料内部孔隙的体积占材料总体积的百分率。空隙率是指散粒材料在其堆积体积中，颗粒之间的空隙体积所占的比例。计算式中 ρ 为密度， ρ_0 为材料的表观密度， ρ' 为材料的堆积密度。

2. 材料与水有关的性能

(1) 亲水性与憎水性。

材料在空气中与水接触，根据其能否被水润湿，分为亲水性材料和憎水性材料。在材料、空气、水三相交界处，沿水滴表面作切线，切线与材料表面（水滴一侧）所得夹角 θ ，称为润湿角。 θ 越小，浸润性越强，当 θ 为 0° 时，表示材料完全被水润湿。一般认为，当 $\theta \leq 90^\circ$ 时，水分子之间的内聚力小于水分子与材料分子之间的吸引力，此种材料称为亲水性材料。当 $\theta > 90^\circ$ 时，水分子之间的内聚力大于水分子与材料分子之间的吸引力，材料表面不易被水润湿，此种材料称为憎水性材料。如图 0.2 所示。

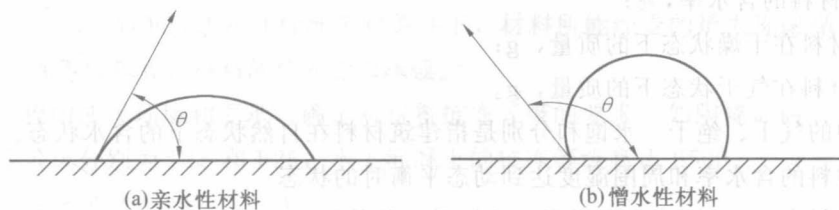


图 0.2 材料润湿示意

混凝土、砖、石、木材等大多数建筑材料属于亲水性材料，其表面均能被水润湿，且能通过毛细管作用将水吸入材料的毛细管内部。沥青、石蜡等少数材料属于憎水性材料，其表面不能被水润湿。

(2) 吸水性。

吸水性是指材料在水中吸收水分达到饱和的能力，用吸水率表示其大小，有质量吸水率和体积吸水率两种表达方式。

质量吸水率是指材料吸水饱和时，所吸收水分的质量与材料干燥质量的百分比。



资料：质量吸水率

$$W_{\text{质}} = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \times 100\% \quad (0.12)$$

式中 $W_{\text{质}}$ ——材料的质量吸水率，%；

m_1 ——材料在干燥状态下的质量，g；